

му необходимо продолжить контроль за качеством водоснабжения, а населению пользоваться бытовыми фильтрами для очистки воды.

Список литературы

1. Медико-экологический атлас Воронежской области [Электронный ресурс] : монография / С. А. Куролап, Т.И. Прожорина, М. А. Клевцова, П. М. Виноградов, Н. В. Каверина, С. А. Епринцев, Л. О. Середа, А. Е. Скосарь, И. В. Попова, О. В. Клепиков, Ю. И. Стёпкин, Н. П. Мамчик, И. В. Колнет, Е. М. Студеникина, Ю. С. Калашников. Воронеж : Воронежский государственный университет, 2019. (Создан при финансовой поддержке Русского географического общества) URL:<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm> (дата обращения 11.03.2019г.)
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды. Контроль качества» СанПиН 2.1.4.1074-01. – Москва, Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.
3. Прожорина Т.И., Хруслева И.П. Оценка качества централизованного питьевого водоснабжения г. Воронежа/Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 142-144.
4. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Нагих Т.В. Исследование состояния питьевого водоснабжения в пределах города Воронежа и окрестностей// Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа: сб. науч. статей / под общей редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Научная книга, 2018. С.86-92.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

*А.Л. Новикова, аспирантка, О.Б. Назаренко, д.т.н., проф,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина 30,
E-mail: furia.08@mail.ru*

Аннотация: В данной статье исследуются и сравниваются существующие методы очистки сточных вод от ионов металлов (Cd(II), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Fe(III), Mn(II), Pb(II), As(III)). Исследования показали, что модифицированные цеолиты (клиноптилолиты) высокоэффективны, селективны и могут использоваться для очистки сточных вод от мышьяка. Также цеолиты могут регенерироваться и использоваться повторно.

Abstract: This article examines and compares existing methods of wastewater treatment from metal ions (Cd (II), Cr (III), Cu (II), Ni (II), Fe (III), Mn (II), Pb (II), As (III)). Studies have shown that modified zeolites (clinoptilolites) are highly effective, selective, and can be used to purify wastewater from arsenic. Zeolites can also be regenerated and reused.

Ключевые слова: ионы металлов, сорбция, физико-химические методы анализа, цеолиты, сточные воды, модифицированные цеолиты, клиноптилолит.

Keywords: metal ions, sorption, physico-chemical methods of analysis, zeolites, wastewater, modified zeolites, clinoptilolite.

В данное время в мире существует ряд глобальных проблем, связанных с защитой окружающей среды, одна из важнейших – это загрязнение поверхностных и подземных вод. Данная проблема возникла из-за роста объемов сбросов сточных вод, а также устаревания технических решений, используемых на производствах для очистки воды.

Поступление в водную среду со сточными водами загрязнителей, концентрации которых превышают ПДК, составляет часть огромной экологической проблемы. В связи с этим поиск экологически безопасных и эффективных методов удаления загрязнителей является одним из приоритетных направлений в области защиты окружающей среды.

Сточные воды, полученные в результате процессов многих отраслей промышленности, содержат различные загрязнители (неорганические катионы, анионы, масла, органические вещества и т. д.) и оказывают токсическое воздействие на экосистему. Существуют различные методы и технологии по очистке сточных вод, но удаление загрязнителей требует экономически оправданных и эффективных технологий и методики [1].

Природные цеолиты являются гидратированными алюмосиликатными материалами, которые обладают исключительными ионообменными и сорбционными свойствами, они экологически безопасны и экономически выгодны. Их эффективность в различных технологических процессах зависит от их физико-химических свойств, которые тесно связаны с их геологическим происхождением. Пористая структура дает природным цеолитам различные возможности применения. Природные цеолиты в очистке сточных вод достаточно эффективны по сравнению с другими методами, но степень очистки зависит от многих факторов, таких как начальная концентрация ионов металлов, pH воды, температура, возможность химических превращений ионов металлов, состав и количество загрязнителей. Также возможна регенерация цеолита и повторное использование. Полученный концентрат ионов металлов после регенерации цеолита может быть использован в производстве, либо утилизирован согласно закону.

В данной работе нами проведен анализ исследований эффективности очистки сточных вод от ионов металлов (Cd(II), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Fe(III), Mn(II), Pb(II), As(III)) физико-химическими методами и с использованием природных и модифицированных цеолитов.

Таблица 1 и 2 показывает эффективность удаления катионов металлов из сточных вод с использованием 4 природных и 1 модифицированного цеолита и эффективность удаления тех же элементов другими физико-химическими методами.

Таблица 1

Сравнение эффективности очистки сточных вод от ионов металлов физико-химическими методами

Физико-химические методы	Эффективность очистки, %								Ссылка на исследование
	Cd(II)	Cr(III)	Cu(II)	Ni(II)	Fe(III)	Mn(II)	Pb(II)	As(III)	
Осаждение	96-99	99	80	71-85	-	99	92	-	[2–4]
Ионный обмен	100	100	100	100	100	100	-	-	
Мембранная фильтрация	93-99	86-95	98-100	60-100	90	85	99	20-55	
Коагуляция/флокуляция	99	-	99	-	-	99	-	-	
Флотация	-	95-98	85-99	70-98	-	-	-	-	
Электрохимический метод	13	77-99	98-99	69-90	-	78	-	99	

Эффективность удаления ионов металлов из сточных вод зависит от многих факторов, таких как начальная концентрация ионов металлов в сточных водах, pH значение системы, возможность образования гидроксильного аниона металла, предшествующей химической и термической модификации цеолита. А также эффективность зависит от количества воды, которая должна быть очищена и скорости подачи воды, если речь идет о динамических условиях очистки.

Таблица 2

Сравнение эффективности очистки сточных вод от ионов металлов природными цеолитами

Цеолиты	Эффективность очистки %								Ссылка на исследование
	Cd(II)	Cr(III)	Cu(II)	Ni(II)	Fe(III)	Mn(II)	Pb(II)	As(III)	
Клиноптилолит	90	90	90	75	70	-	95	-	[5–11]
Клиноптилолит модифицированный	90-100	88	80	37	90	70	90-99	90	
Шабазит	-	-	98	98	-	-	-	-	
Сколецит	59	96	-	40	-	75	-	-	
Филлипсит	-	-	-	-	88	-	-	-	

Природные цеолиты являются экологически безопасными и экономически выгодными природными минералами, обладающие высокой катионнообменной способностью и, следовательно, высоким потенциалом для их применения для удаления ионов металлов и аммиачного азота из сточных вод. Эффективность использования цеолитов в различных технологических процессах зависит от физико-химических свойств, связанных с их геологическим происхождением. Среди цеолитов большей эффективностью и селективностью обладают модифицированные клиноптилолиты, они устойчивы к химическим, механическим и термическим изменениям, могут регенерироваться и использоваться повторно. Цеолиты обычно используются для удаления катионов из водных растворов, в то же время, анализ литературных источников показал, что специальная обработка цеолитов приводит к изменению их свойств и успешному использованию модифицированных цеолитов для удаления анионов из водных растворов.

На основании обработанной информации можно сделать вывод, что для очистки сточных вод от ионов металлов эффективными могут быть как физико-химические методы, так и цеолиты. Среди физико-химических методов самым эффективным оказался метод мембранной фильтрации, а среди цеолитов – модифицированный клиноптилотит.

Стоит отметить, что для очистки сточных вод могут быть использованы комбинированные методы. В своих исследованиях мы планируем использовать модифицированные клиноптилолиты.

Список литературы:

1. Wang S, Peng Y (2010) Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. Chem. Engin.J. 156:11-24.
2. Kurniawan TA, Chan GYS, Lo WH, Babel S (2006) Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. Chem.Engin.J. 118:83-98.
3. Fu F, Wang Q (2011) Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. J. Environ. Manage. 92:407-418.
4. Choo KH, Lee H, Choi SJ (2005) Iron and manganese removal and membrane fouling during UF in conjunction with prechlorination for drinking water treatment. J.Memb.Sci. 267:18-26.
5. Al-Anbera M, Al-Anberb ZA (2008) Utilization of natural zeolite as ion-exchange and sorbent material in the removal of iron. Desalination 225:70-81.
6. Ćurković L, Cerjan Stefanović Š, Filipan T (1997) Metal ion exchange by natural and modified zeolites. Water Res. 31:6:1379-1382.
7. Leyva-Ramos R, Jacobo-Azuara A, Diaz-Flores PE, Guerrero-Coronado RM, MendozaBarron J, Berber-Mendoza MS (2008) Adsorption of chromium (VI) from an aqueous solution on a surfactant-modified zeolite. Coll.Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects 330:35-41.
8. Woinarskia AZ, Snapeb I, Stevensa GW, Starkb SC (2003) The effects of cold temperature on copper ion exchange by natural zeolite for use in a permeable reactive barrier in Antarctica. Cold Reg. Sci.Technol. 37:159-168.
9. Rajić N, Stojaković Dj, Jovanović M, Zabukovec Logar N, Mazaj M, Kaučič V (2010) Removal of nickel(II) ions from aqueous solutions using the natural clinoptilolite and preparation of nano-NiO on the exhausted clinoptilolite. Appl. Surf. Sci. 257:1524-1532.
10. Shavandi MA, Haddadian Z, Ismail MHS, Abdullah N, Abidin ZZ (2012) Removal of Fe(III), Mn(II) and Zn(II) from palm oil mill effluent (POME) by natural zeolite. J. Taiwan Ins.Chem. Engin. (in press).
11. Dal Bosco SM, Jimenez RS, Carvalho WA (2005) Removal of toxic metals from wastewater by Brazilian natural scolecite. J.Coll.Interf.Sci. 281:424-431.

**ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

О.О. Герасимова, к.т.н, доц., С.А. Карауш, д.т.н., проф., Е.А. Герасимова ассист.

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003, г. Томск, пл. Соляная 2, тел. 8(3822) 66-01-45

E-mail: Ologeras@mail.ru

Аннотация: в статье рассмотрены основные проблемы, которые существенно препятствуют внедрению риск-ориентированного подхода на предприятиях.